

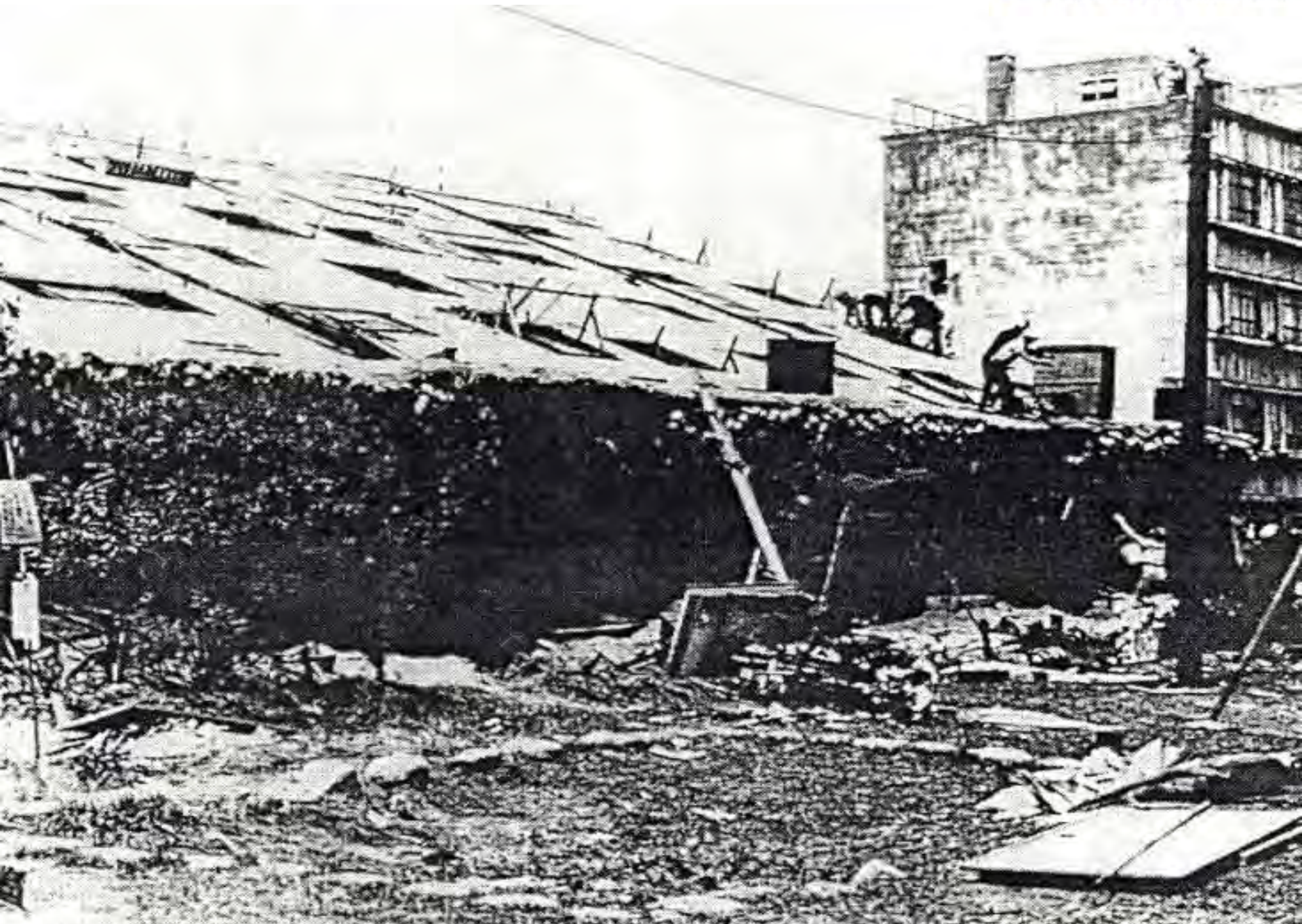
能登半島地震による 新潟市域の液状化災害

卜部厚志, 片岡香子, 松元高峰, 渡部直喜,
河島克久, 新屋啓文, 西井稜子, 渡部 俊,
高清水康博, 藤林紀枝(新潟大学),
宮縁育夫(熊本大学)

液状化は繰り返す地盤災害

1964年新潟地震

近代の液状化研究のスタート



被災記録を残す：地元大学の責務

液状化は繰り返す災害：過去の発生履歴は重要






1964年新潟地震の地盤災害記録→液状化被害の指針，記録を残すことの重要性

1964年新潟地震地盤災害図（新潟大学）

* 都市部地盤災害の日本初の調査記録

0 1km



-  軽被害地域
-  家屋被害のある地域
-  亀裂
-  地盤の膨れ上がり・陥没
-  噴砂

新潟港

信濃川

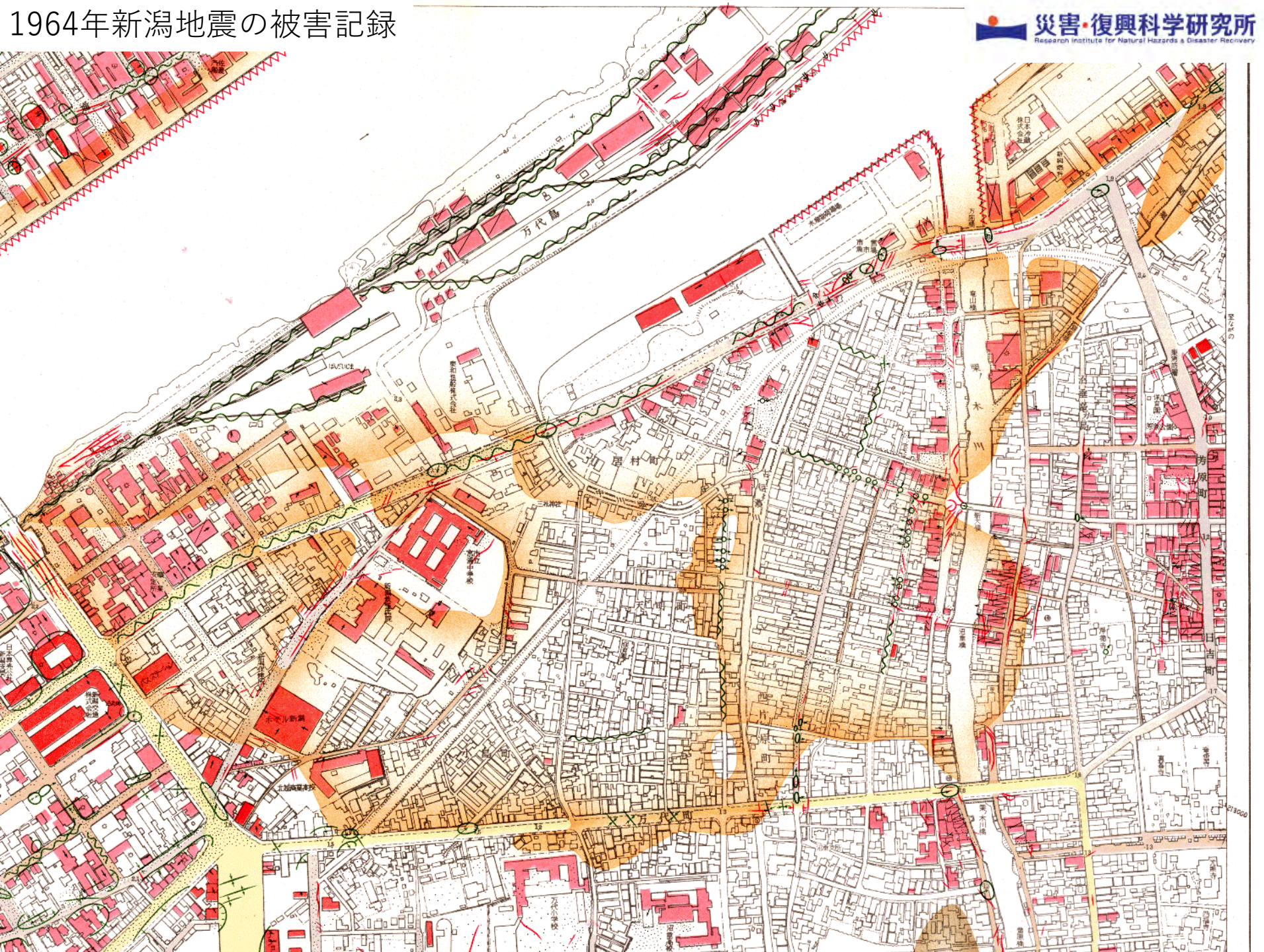
新潟駅

昭和大桥

八千代橋

万代橋

1964年新潟地震の被害記録



1964年新潟地震による人的損失

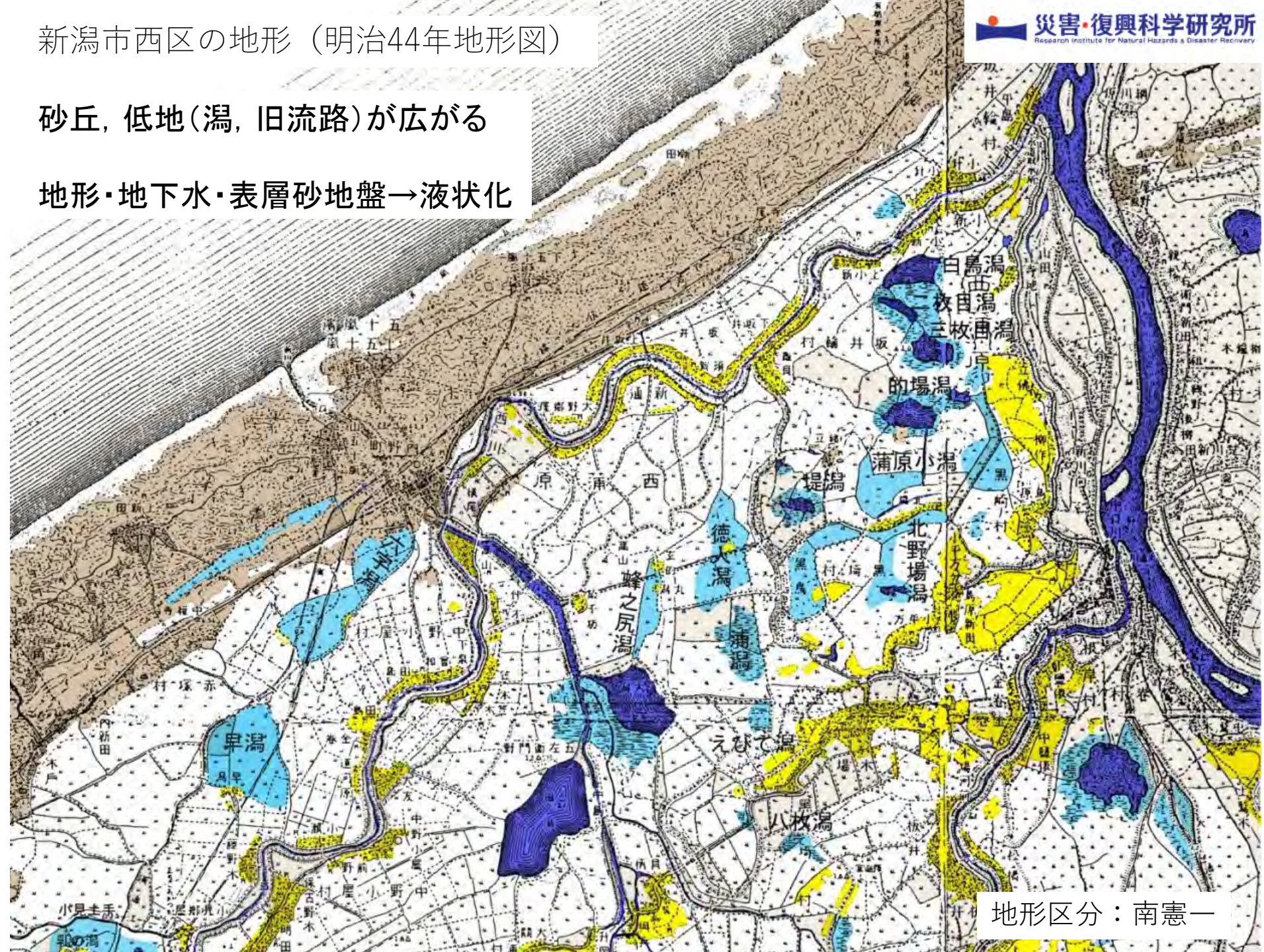
氏名	住所	死因
女性 (55)	新潟市青山	砂山が崩れ倒壊家屋の下敷きとなり圧死
女性 (25)	新潟市小針	地下水噴出孔に転落して死亡（片腕が出ていた）（被災場所：青山）
男児 (6)	新潟市青山	自宅裏の砂丘上で遊戯中土砂崩れにあい埋没死亡
女性 (27)	新潟市小針新道	倒壊した住家の下敷となり死亡
男児 (3)	新潟市小針新道	倒壊した住家の下敷となり死亡
男性 (31)	川崎市中島町	東洋ガス化学工場（網河原）で作業中、地震によりアンモニアが爆発して窒息死
女性 (60)	新潟市日の出町	自宅の梁が落ち胸部強打撲頭蓋骨骨折により死亡
女性 (70)	新潟市日吉町	避難途中交通事故にあい医院待合室で死亡
女性 (48)	新潟市秋葉町	津波により溺死
女性 (76)	新潟市錦町	小金町（農学部）に集団避難中ショック死
男性 (14)	亀田町袋津	市内末広通路上で人波に押されて全身打撲により死亡
男性 (61)	新潟市寄附町	自宅にてショック死
男児 (0)	新潟市山ノ下月見町	県保新潟病院より新大病院へ移送中に窒息死
女性 (46)	新潟市附船町	6.20に自宅に荷物を取りに行き溺死
男性 (43)	新潟市臨港町	6.20（推定）村上市岩ヶ崎海岸へ漂着（溺死）
女児 (7)	新潟市窪田町	6.27入舟小学校で避難中のけがで破傷風に感染死亡

5名が西区の砂丘斜面末端部の液状化・地すべりによって亡くなる

新潟市西区の地形（明治44年地形図）

砂丘, 低地(潟, 旧流路)が広がる

地形・地下水・表層砂地盤→液状化



地形区分：南憲一





1964年 新潟地震による砂丘斜面末端の被害

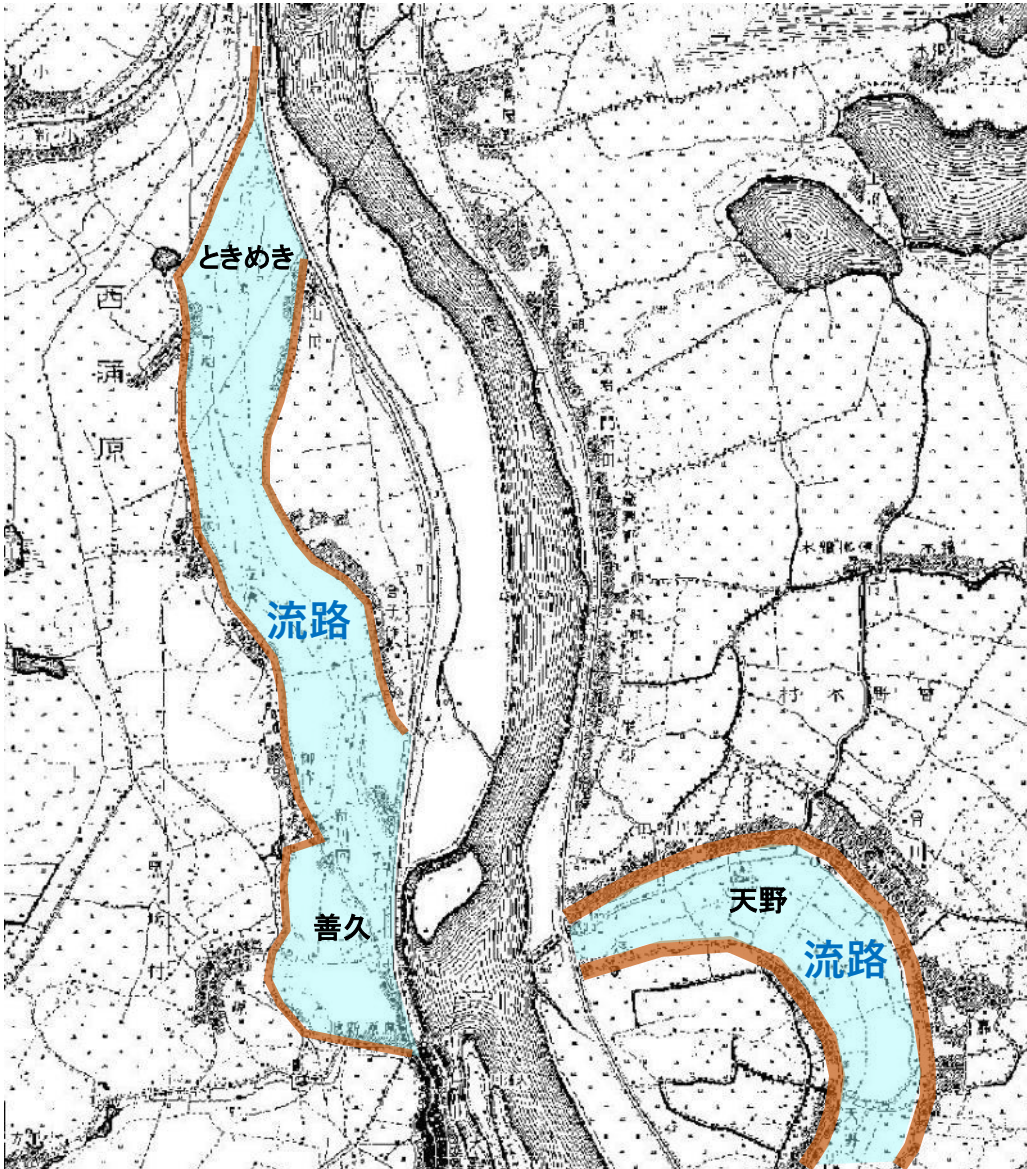


液状化
地すべりの記録

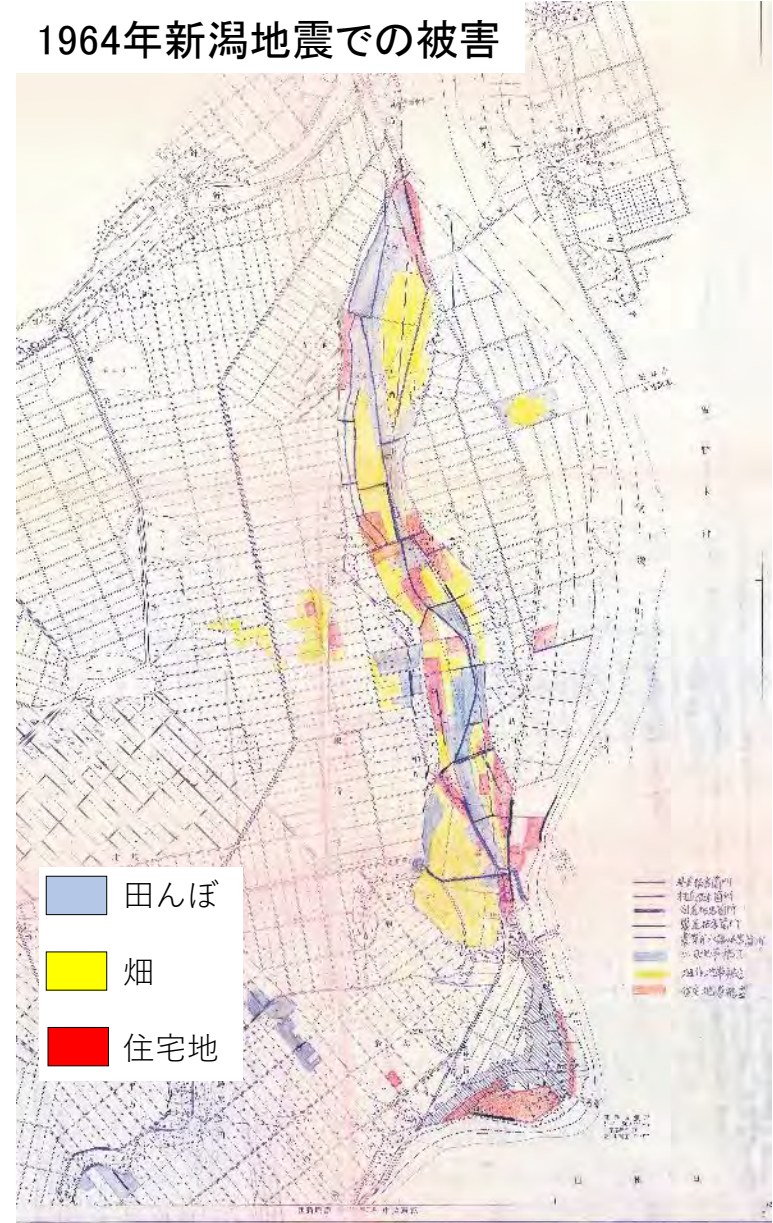
青山～坂井輪に点在

液状化
建物被害分布の記録
残っていない

信濃川の旧流路での液状化



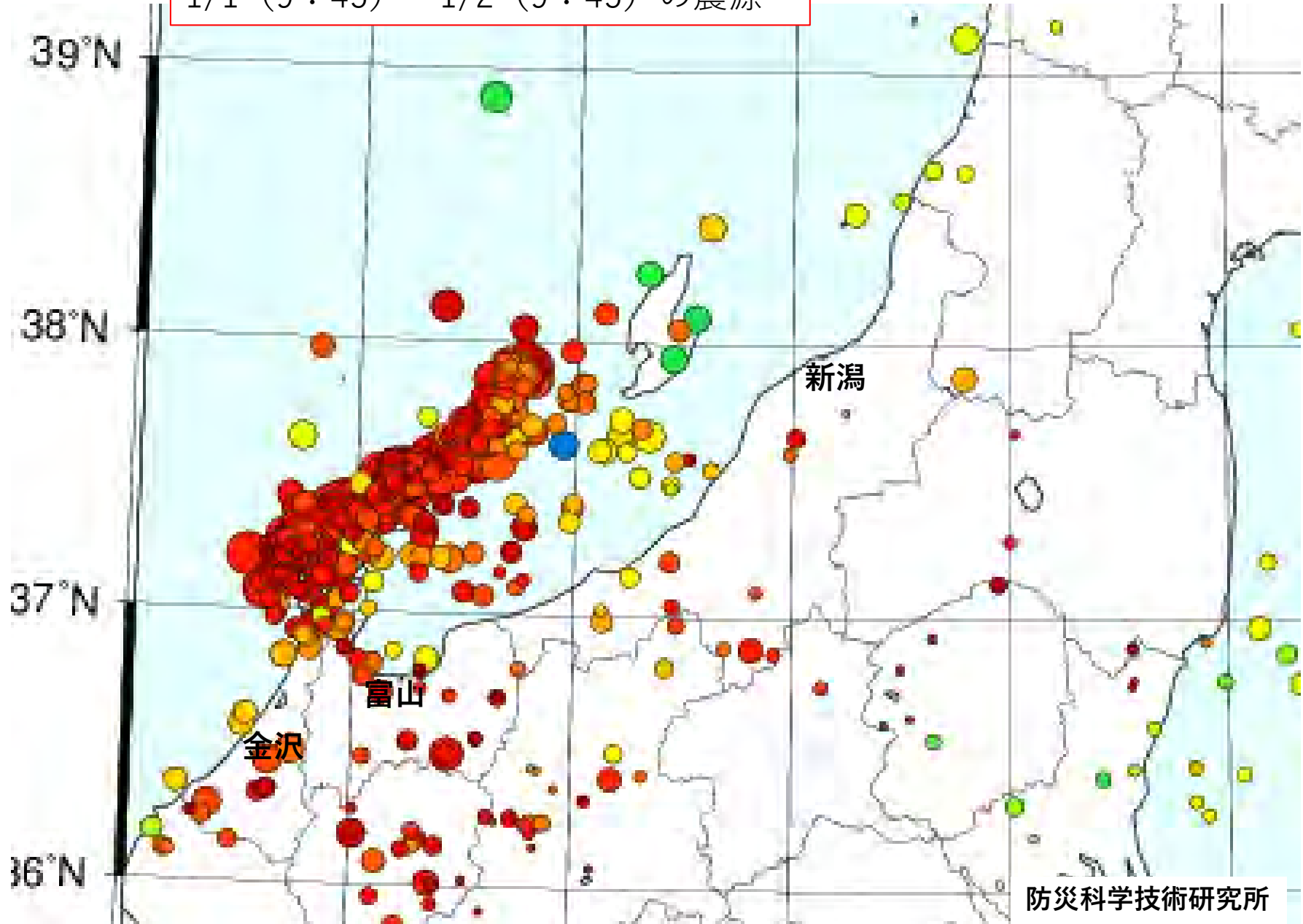
1964年新潟地震での被害



2024年能登半島地震

新潟市域での液状化

1/1 (9:45) ~1/2 (9:45) の震源



新潟市西区における液状化被害の発生

①建物被害状況

5・10 新潟市災対本部

	北	東	中央	江南	秋葉	南	西	西蒲	計
全壊	0	0	7	1	1	1	86	1	97
半壊	8	8	242	175	15	38	2,388	43	2,917
一部損壊	226	326	1,727	1,183	599	636	8,562	807	14,066

新潟市西区：約70,000世帯のうち約11036軒被災

液状化した地形・地盤環境

- ①砂丘斜面の末端（青山～内野）
- ②旧信濃川の流路（善久～山田，天野）
- ③低地（青山～内野）

1964年新潟地震の被災箇所と一致（液状化は繰り返す災害）

液状化に対して一番弱い地盤が被害を受けた

新潟大学は、何を志向して調査したのか

次世代に地域をつなぐ（液状化に）安全な地盤の構築

↑
国事業による街区単位での液状化防止事業の導入

↑
防止事業に向けた詳細調査と具体案の構築

↑
街区単位での液状化防止事業を志向した調査
(大学としての予察的調査)

↑
大学による液状化被害の悉皆調査
(被害の把握と体系化)

噴砂



液状化しやすい地盤であるか

地盤の液状化リスクの高い範囲を判断する

家屋被害



生活再建のため、大きな損壊家屋分布を把握

全壊相当：建物の1/20 傾斜（目視），国基準と同じ

半壊相当：建物に明らかな傾きあり（目視）

* 行政調査の半壊判定のうち大きな被害を計数

液状化被害判定基準（国）：実態と乖離しているため不使用

液状化被害調査

壁の傾倒・倒壊



沈下



液状化による斜面移動の評価

移動斜面：上端：引張亀裂 下端：圧縮亀裂

圧縮亀裂



引張亀裂



● 噴砂

潜在的な液状化地盤の範囲を示す

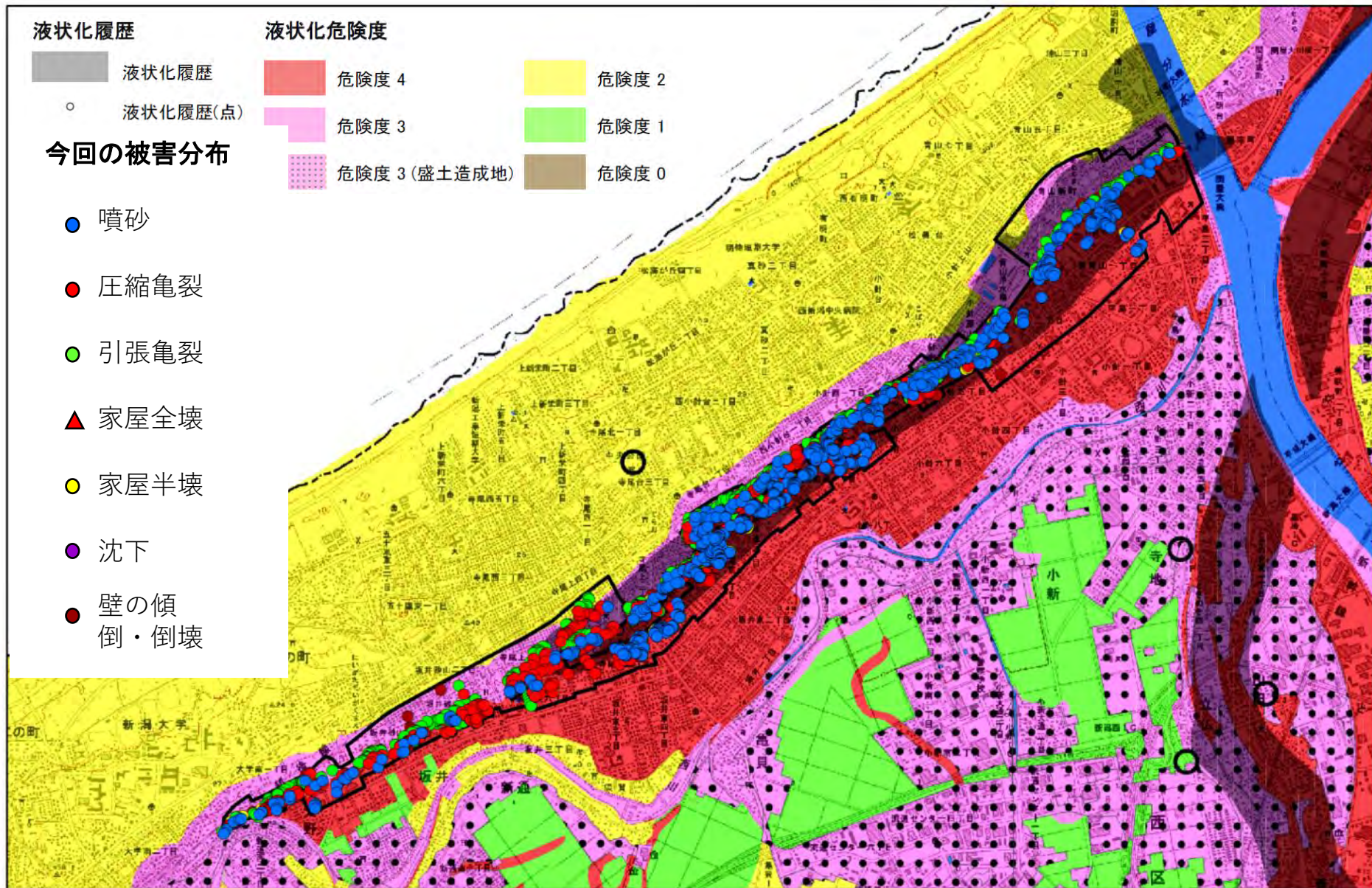


調査結果: 西区, 江南区(一部)

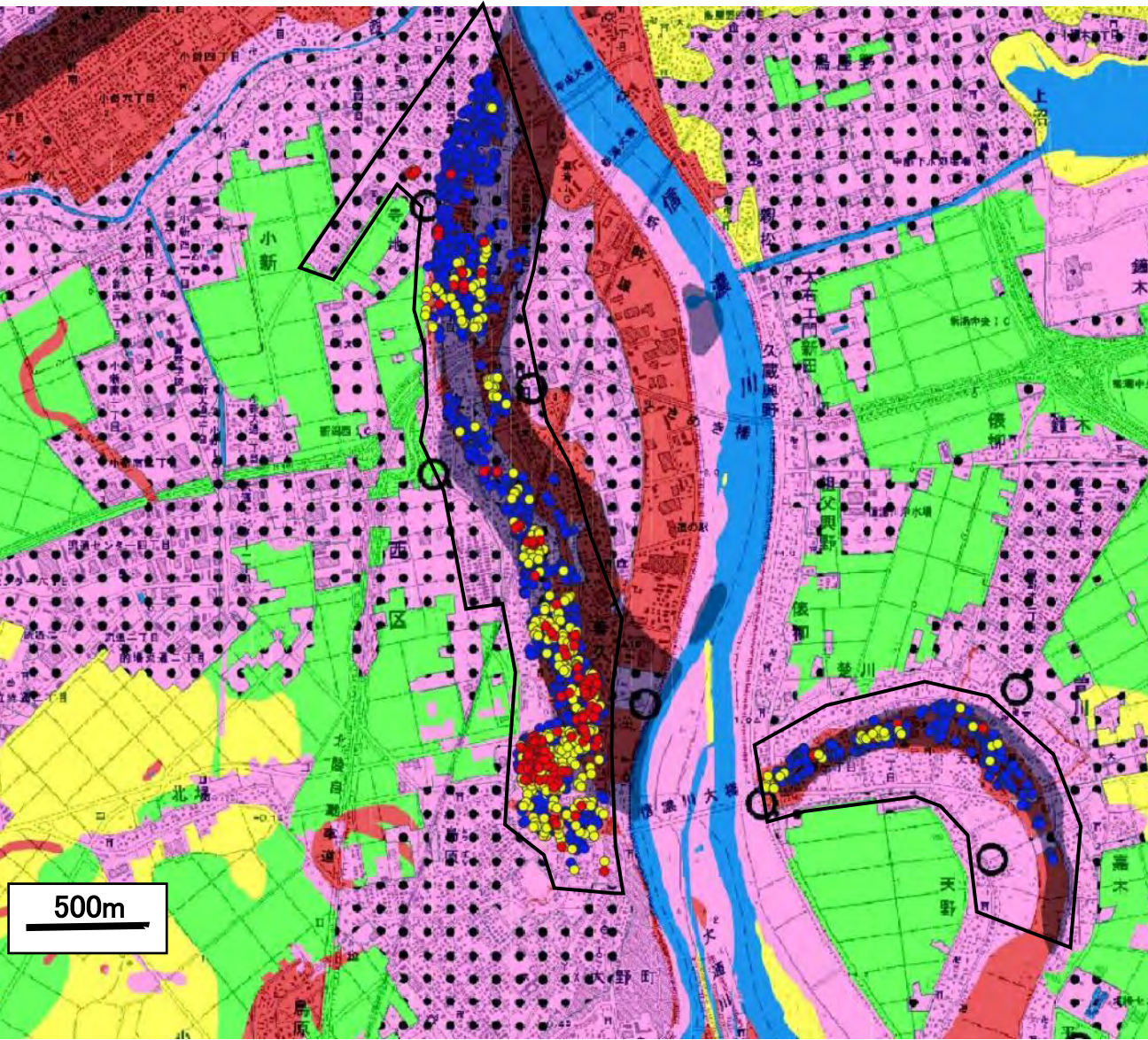
- 全壊相当 (n=222)
- 半壊相当 (n=479)

生活再建に困難な家屋分布

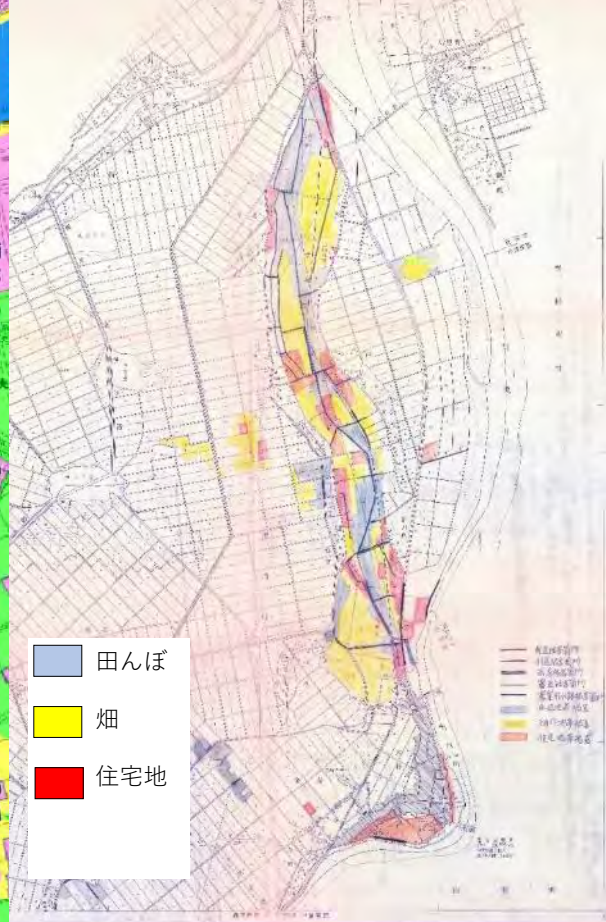




新潟市西区(青山～内野)
液状化しやすいさマップとの整合



1964年新潟地震での被害



- 田んぼ
- 畑
- 住宅地

分布の把握だけでは不十分

- 液状化要因の解明
 - 液状化した層の深度と層厚
 - 盛土の厚さと液状化程度の関係
- 地盤改良への工法選定
- 街区単位で公的支援を導入できないか

このままでは地域の復興ができない

地質学の視点から 恒常的液状化対策へ 一歩踏み出す

SWS試験

宅地調査用の一般的機器： **地盤強度の垂直分布**，地下水位の把握
（長所：簡易，宅地で実施可能，短所：層相判定は概要のみ）

ボーリング調査

地層試料の観察：**地層の層相**（泥，砂，腐植土）の判定，**液状化判定**

ボーリング調査とSWS試験の組み合わせ

SWS試験の機動性を活かし，地層の分布（液状化層準）を把握する



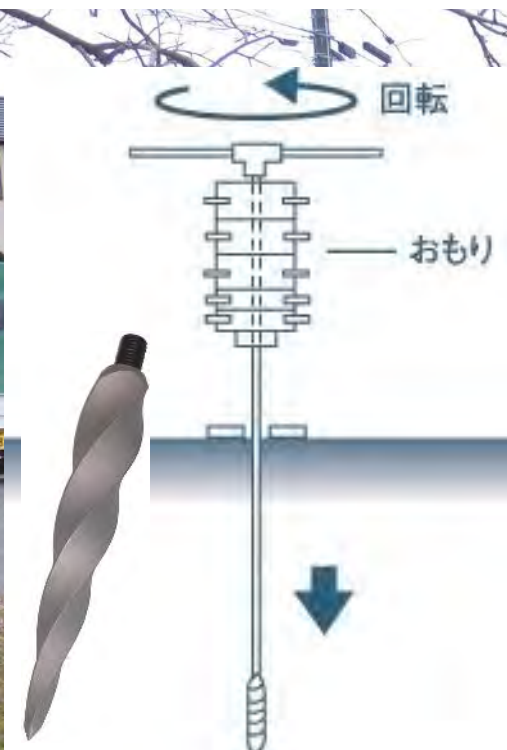
ボーリング調査（自走式機器）



SWS試験（狭小敷地でも可能）

SWS試験とは

地盤の垂直方向の硬さを測定



今は自動化

錘：25～100kg
先端はスクリー

回転数と沈下量を測定

SWS試験

SWS試験の利用

孔内水位		G.L. -1.00 m		寺尾T15地点		了理由					
備考		11.0mまで測定									
荷重 Wsw (kN)	半回転 数 Na	貫入深さ D (m)	貫入量 L (cm)	1m当りの 半回転数 Nsw	換算 値 N	記事		推定 柱状図	荷重 Wsw(kN)	貫入量1m当りの半回転数 Nsw	qa値 (KN/m ²)
						音感・感触	貫入状況				
0.25	0	0.25	25	0	0.5		ユックリ	砂質土			7.5
0.50	0	0.50	25	0	1.0		ジンフリ	砂質土			15.0
1.00	7	0.75	25	28	3.9	ジャリジャリ		砂質土			46.8
1.00	3	1.00	25	12	2.8	ジャリ:		砂質土			37.2
0.75	0	1.25	25	0	1.5			砂質土			22.5
0.50	0	1.50	25	0	1.0		ジンフリ	砂質土			15.0
0.50	0	1.75	25	0	1.0		ジンフリ	砂質土			15.0
0.75	0	2.00	25	0	1.5		ジンフリ	砂質土			22.5
0.50	0	2.25	25	0	1.0		ユックリ	砂質土			15.0
0.75	0	2.50	25	0	1.5		ジンフリ	砂質土			22.5
0.50	0	2.75	25	0	1.0		ユックリ	砂質土			15.0
0.75	0	3.00	25	0	1.5		ジンフリ	砂質土			22.5
1.00	1	3.25	25	4	2.3	ジャリジャリ		砂質土			32.4
0.75	0	3.50	25	0	1.5		ジンフリ	砂質土			22.5
1.00	17	3.75	25	68	6.6	ジャリジャリ		砂質土			70.8
1.00	5	4.00	25	20	3.3	ジャリジャリ		砂質土			42.0
0.50	0	4.25	25	0	1.0		ジンフリ	砂質土			15.0
0.50	0	4.50	25	0	1.0		ジンフリ	砂質土			15.0
0.50	0	4.75	25	0	1.0		ジンフリ	砂質土			15.0
1.00	14	5.00	25	56	5.8	ジャリジャリ		砂質土			63.6
1.00	11	5.25	25	44	5.0	ジャリジャリ		砂質土			56.4
1.00	6	5.50	25	24	3.6	ジャリジャリ		砂質土			44.4
1.00	37	5.75	25	104	9.0	ジャリジャリ		砂質土			118.8
1.00	37	6.00	25	92	8.2	ジャリジャリ		砂質土			118.8
1.00	9	6.25	25	28	2.8	ジャリジャリ		砂質土			51.6
1.00	24	6.50	25	76	7.6	ジャリジャリ		砂質土			87.6
1.00	26	6.75	25	78	7.8	ジャリジャリ		砂質土			92.4
1.00	23	7.00	25	69	6.9	ジャリジャリ		砂質土			85.2
1.00	21	7.25	25	64	6.4	ジャリジャリ		砂質土			80.4
1.00	6	7.50	25	24	2.4			粘性土			44.4
1.00	0	7.75	25	0	3.0		ジンフリ	粘性土			30.0
1.00	0	8.00	25	0	3.0		ジンフリ	粘性土			30.0
1.00	5	8.25	25	20	4.0			粘性土			42.0
1.00	8	8.50	25	32	4.6			粘性土			49.2
1.00	10	8.75	25	40	5.0			粘性土			54.0
1.00	9	9.00	25	36	4.8			粘性土			51.6
1.00	9	9.25	25	36	4.8			粘性土			51.6
1.00	13	9.50	25	52	5.5	ジャリジャリ		砂質土			61.2
1.00	20	9.75	25	80	7.4	ジャリジャリ		砂質土			78.0
1.00	18	10.00	25	72	6.8	ジャリジャリ		砂質土			73.2

解釈

宅地盛土

液状化層

砂層

自然地盤

平野の地層

砂質泥層

砂層

荷重：1.00 k N以下
半回転数：0
自沈層
通常の砂層は自沈しない
”液状化層と判定”

今回は非常に有効

荷重 + 貫入量を
硬さにみたてて色分け

荷重：1.00kN以下
半回転数：0
自沈層
泥層なので軟弱

* 泥層は液状化しない

地下水位 ⇒

地下水位

自沈

しまった砂

緩い泥

ボーリング調査

層相 (砂, 泥, 腐植土), 粒度, 液状化

深度 (m)

0

1

2

3

4

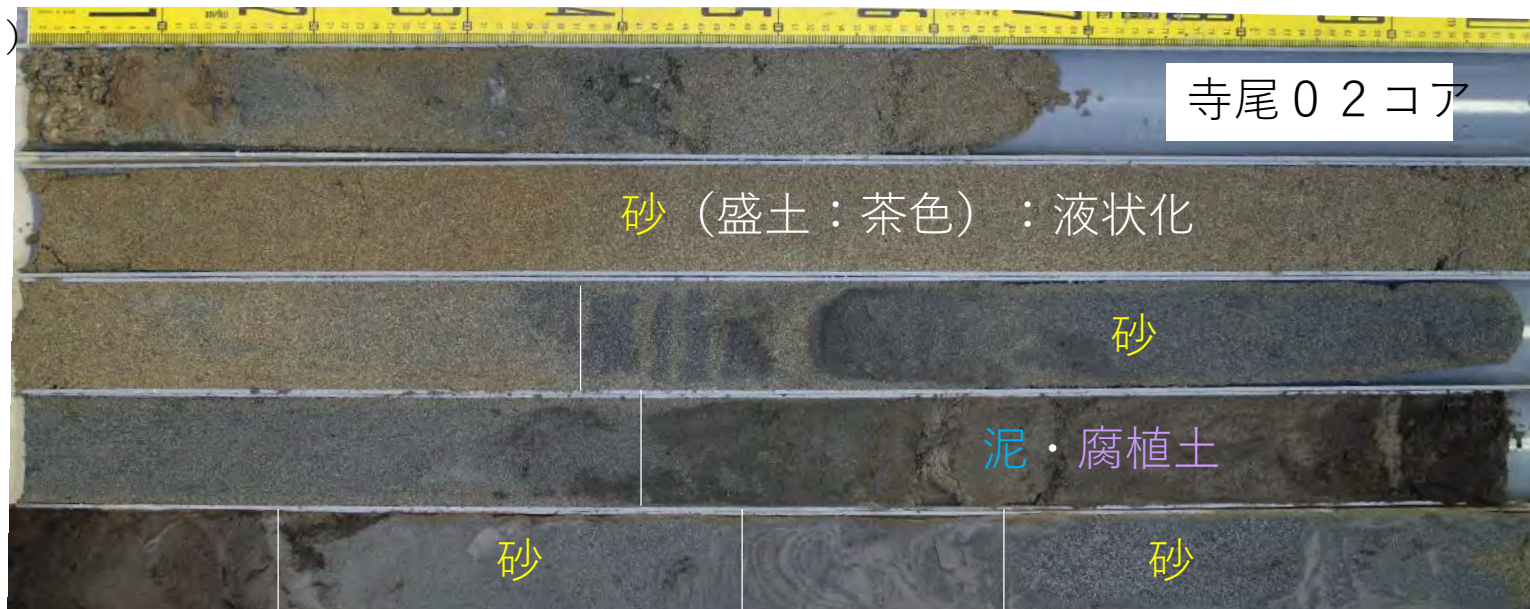
5

6

7

8

9



深度 (m)

1

2

3

4

5

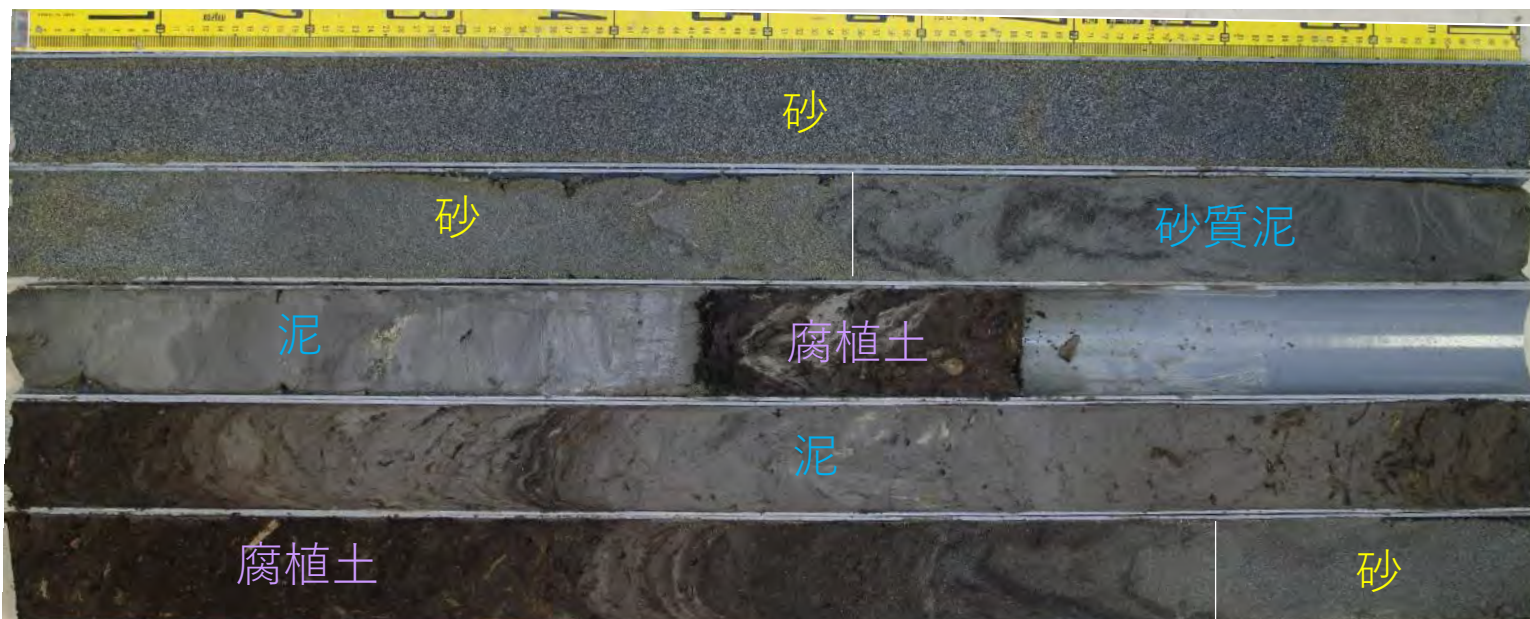
6

7

8

9

10



SWS試験とボーリング調査の併用

孔内水位		G.L. -0.14m		寺尾T16地点		土間, 標高: -0.95m	
備考		12.25mまで測定					
荷重 Wsw (kN)	半 回 数 Na	貫入深さ L (m)	貫入量 L (cm)	1m当り の半回転数 Nsw	換算 N	記号	推定 柱状図
						音感・音触	貫入状況
						土質名	土質名
0.50	0	0.25	25	0	1.0	ジワリ	砂質土
0.50	0	0.50	25	0	1.0	ジワリ	砂質土
0.75	0	0.75	25	0	1.5	ジワリ	砂質土
0.50	0	1.00	25	0	1.0	ジワリ	砂質土
0.50	0	1.25	25	0	1.0	ユックリ	砂質土
0.50	0	1.50	25	0	1.0	ユックリ	砂質土
0.75	0	1.75	25	0	1.5	ジワリ	砂質土
0.50	0	2.00	25	0	1.0	ジワリ	砂質土
0.50	0	2.25	25	0	1.0	ジワリ	砂質土
1.00	4	2.50	25	16	3.1	ジャリジャリ	砂質土
1.00	4	2.75	25	16	3.1	ジャリジャリ	砂質土
1.00	2	3.00	25	8	2.5	ジャリジャリ	砂質土
0.50	0	3.25	25	0	1.0	ユックリ	砂質土
0.50	0	3.50	25	0	1.0	ジワリ	砂質土
1.00	3	3.75	25	12	2.8	ジャリジャリ	砂質土
1.00	5	4.00	25	20	3.3	ジャリジャリ	砂質土
1.00	6	4.25	25	24	3.6	ジャリジャリ	砂質土
1.00	31	4.50	25	124	10.3	ジャリジャリ	砂質土
1.00	37	4.75	25	148	11.9	ジャリジャリ	砂質土
1.00	38	5.00	25	152	12.2	ジャリジャリ	砂質土
1.00	25	5.25	25	100	8.7	ジャリジャリ	砂質土
1.00	18	5.50	25	72	6.8	ジャリジャリ	砂質土
1.00	17	5.75	25	68	6.6	ジャリジャリ	砂質土
1.00	12	6.00	25	48	5.2	ジャリジャリ	砂質土
1.00	5	6.25	25	20	3.3	ジャリジャリ	砂質土
0.75	0	6.50	25	0	2.3	ジワリ	粘性土
1.00	1	6.75	25	4	3.2		粘性土
1.00	0	7.00	25	0	3.0	ストーン	粘性土
1.00	0	7.25	25	0	3.0	ジワリ	粘性土
1.00	3	7.50	25	12	3.6		粘性土
1.00	2	7.75	25	8	3.4		粘性土
1.00	0	8.00	25	0	3.0	ジワリ	粘性土
1.00	4	8.25	25	16	3.8		粘性土
1.00	4	8.50	25	16	3.8		粘性土
1.00	2	8.75	25	8	3.4		粘性土
1.00	2	9.00	25	8	3.4		粘性土
1.00	7	9.25	25	28	4.4		粘性土
1.00	3	9.50	25	12	3.6		粘性土
1.00	6	9.75	25	24	4.2		粘性土
1.00	9	10.00	25	36	4.8		粘性土

寺尾02コア

ボーリングコアの層相
+
SWS試験の
砂質土, 粘性土の判定

併用して
SWS試験結果を解釈

SWS試験結果から
層相分布を推定

◎SWS試験の有効性

◎水平展開へ活用

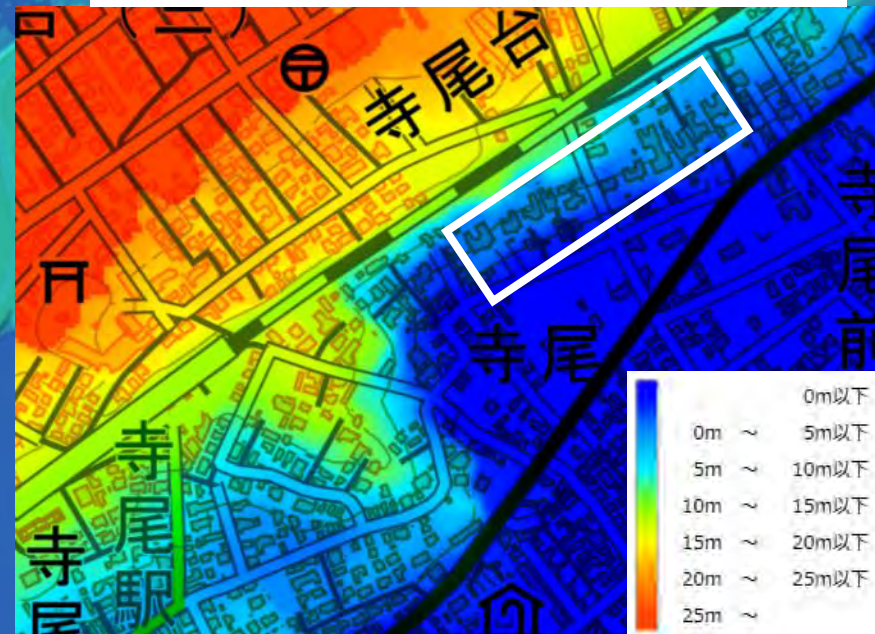
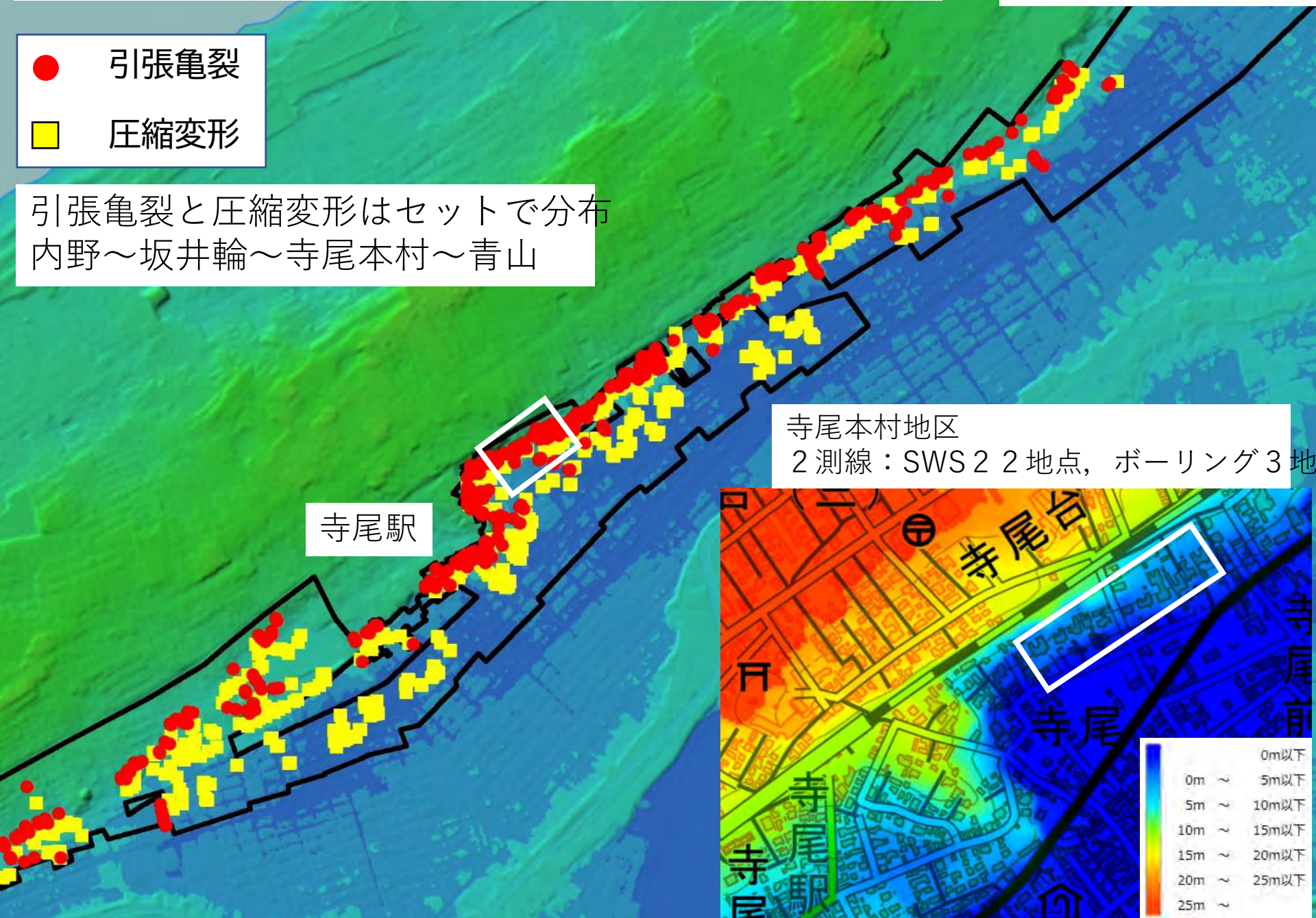
○迅速広域調査へ



タイプ①: 砂丘斜面末端部での液状化と地すべり性移動

- 引張亀裂
- 圧縮変形

引張亀裂と圧縮変形はセットで分布
内野～坂井輪～寺尾本村～青山



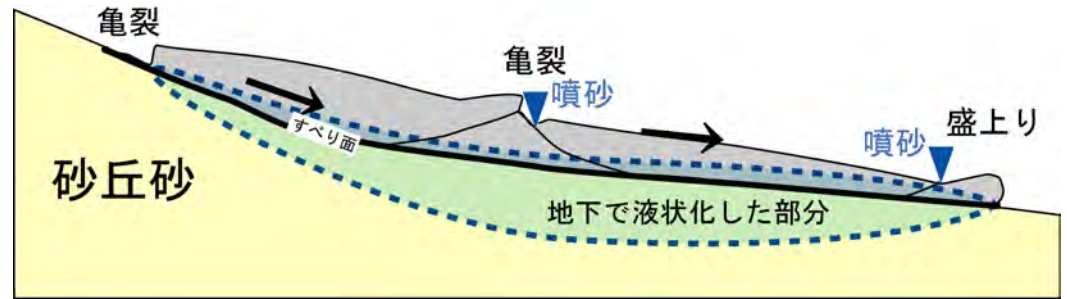
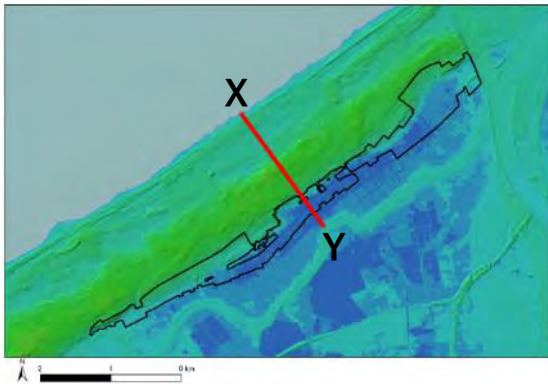
砂丘斜面末端部での液状化と地すべり被害の発生要因

この原理は日本海側共通

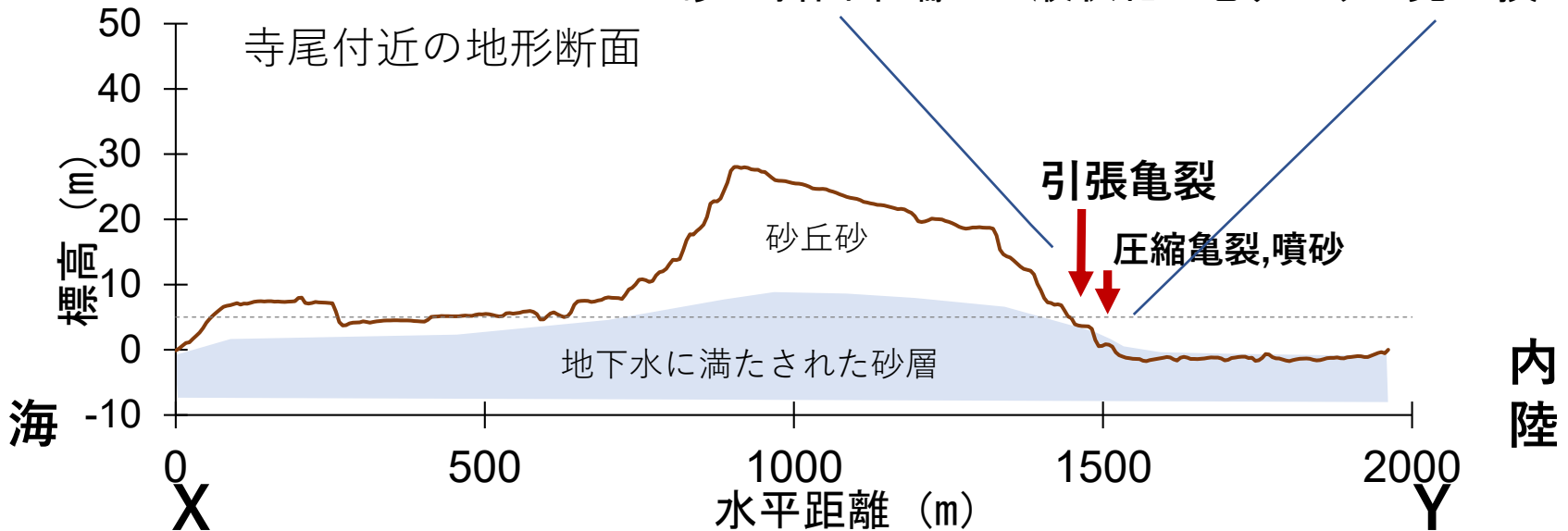
砂丘部の地下水 日本海側:湧き出さずに海へ

低地側:標高が低いので, 県道16号付近で湧き出す

**最も液状化しやすい粒度の砂+地下水豊富 → 液状化発生
斜面末端 → 地すべり**



砂丘斜面末端での液状化と地すべりの発生模式



砂丘斜面上の住宅

引張亀裂

10 数cmの水直変位置量



10 数cmの水平変位置量



圧縮変形



弥彦街道

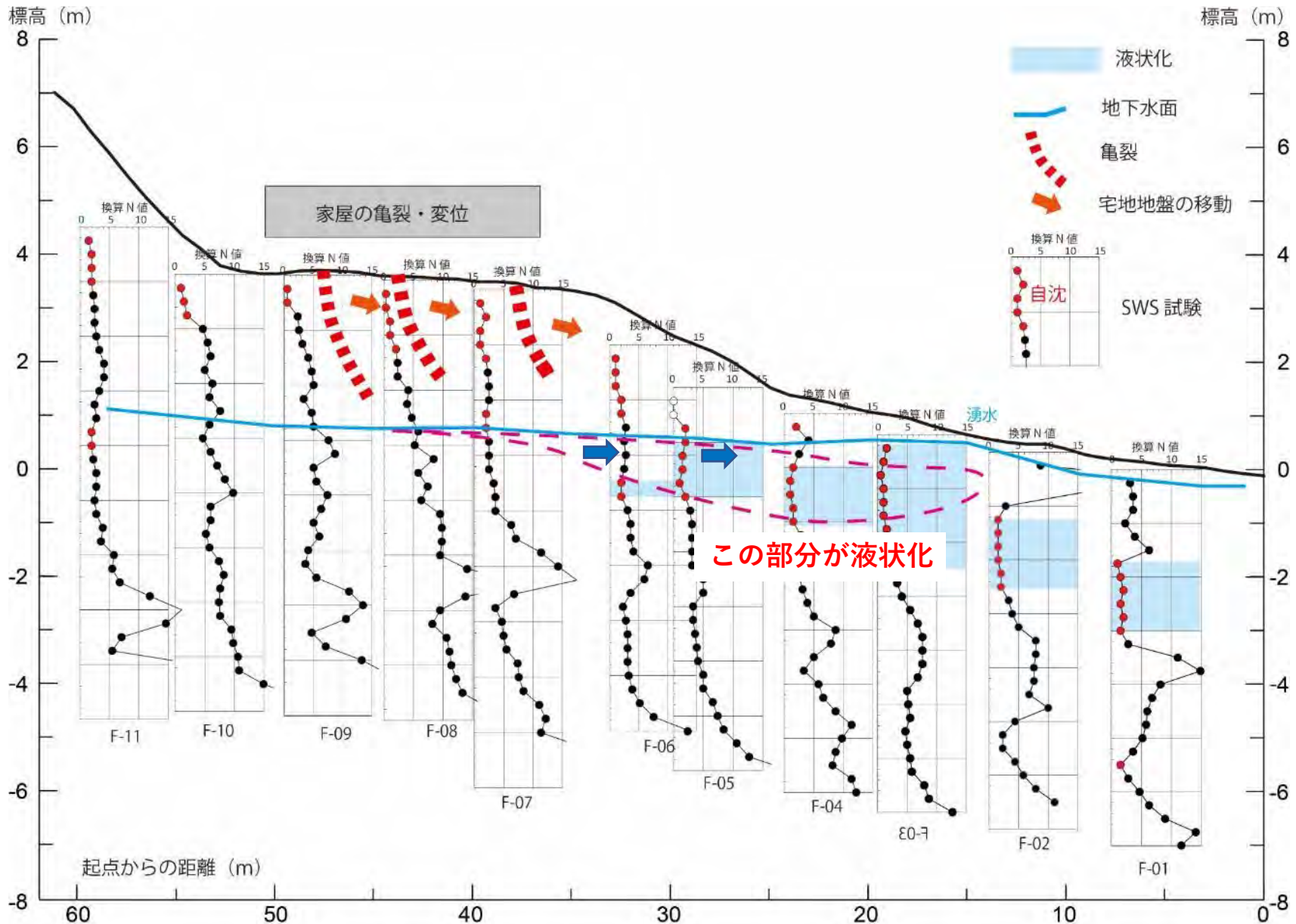
GoogleStreetViewより



弥彦街道

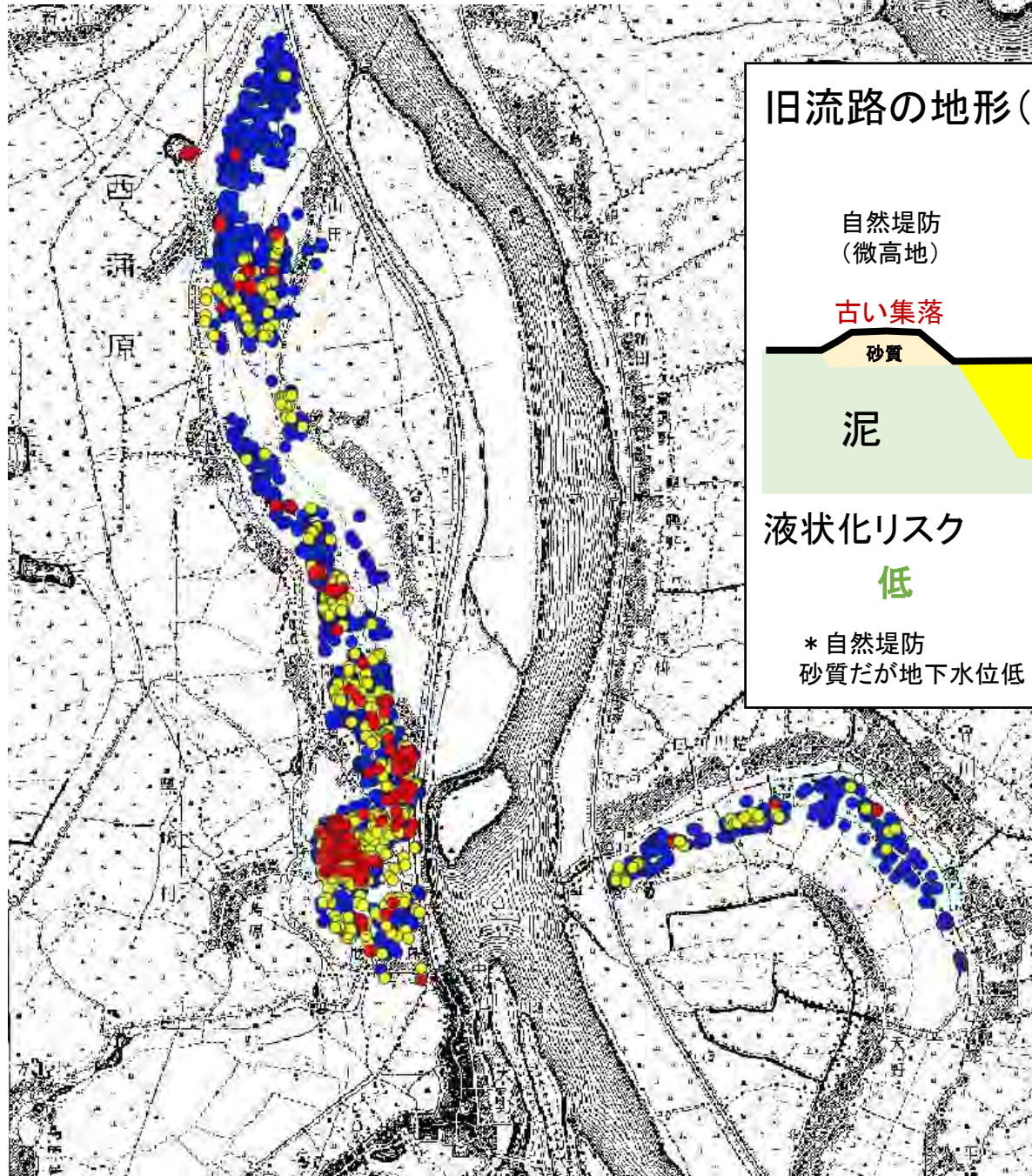
寺尾

タイプ①: 砂丘斜面末端部での液状化と地すべり性移動

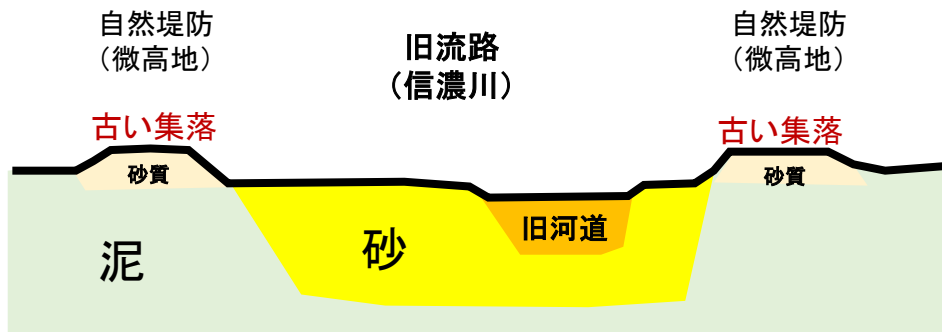


斜面末端部の液状化 ⇒ 液状化層の側方移動 ⇒ 斜面表層部（宅地）が移動

タイプ②: 信濃川旧流路での液状化



旧流路の地形(概念図)



液状化リスク

低

中

高

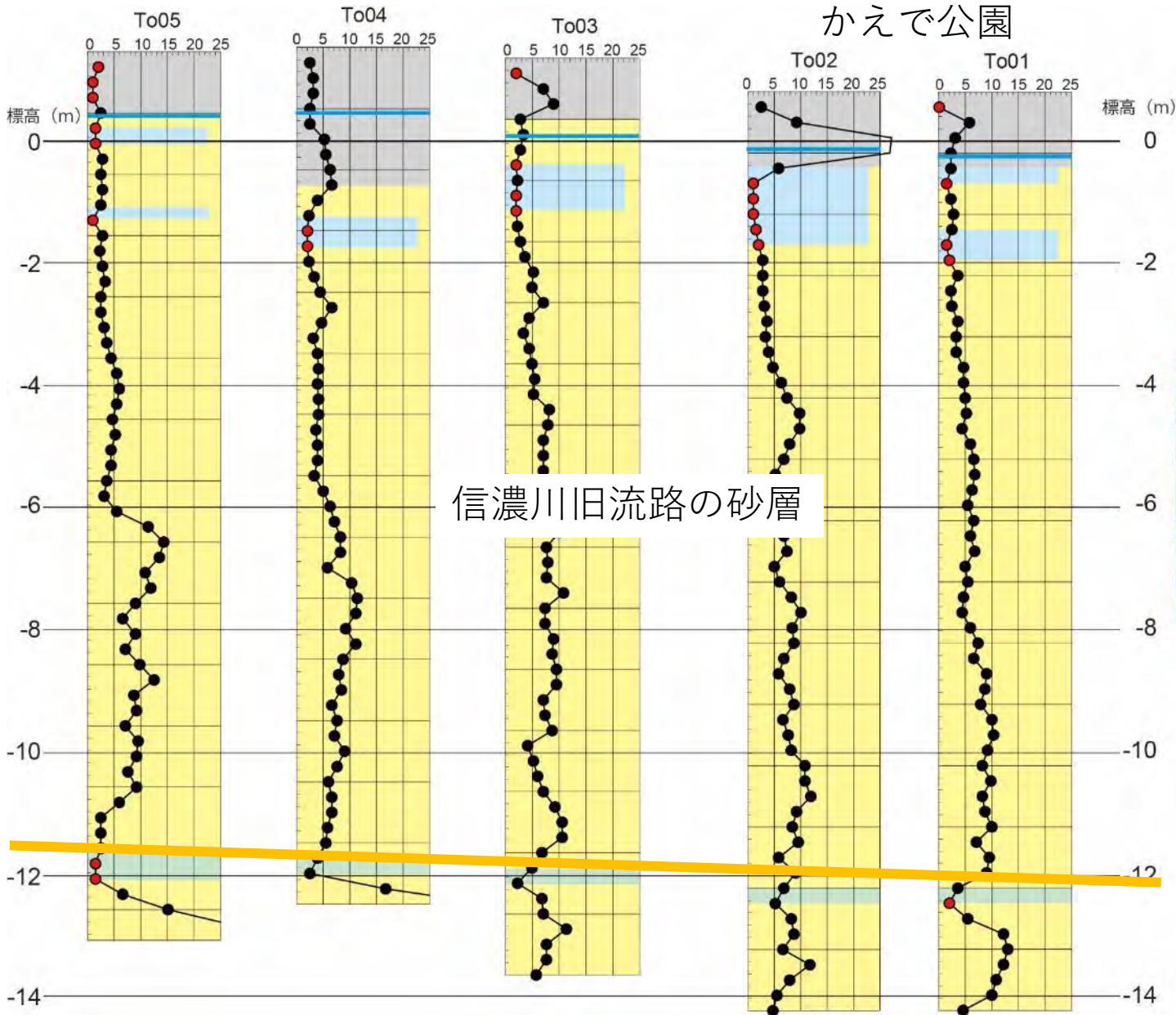
低

* 自然堤防
砂質だが地下水位低

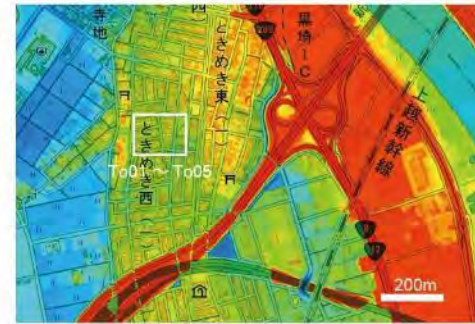
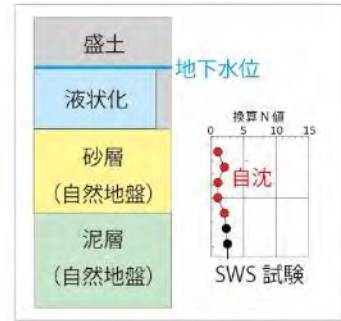
* 自然堤防
砂質だが地下水位低

旧河道に建物被害集中

タイプ②: 信濃川旧流路での液状化(ときめき西)



かえで公園



旧流路の砂層の上部 (自然地盤) が液状化

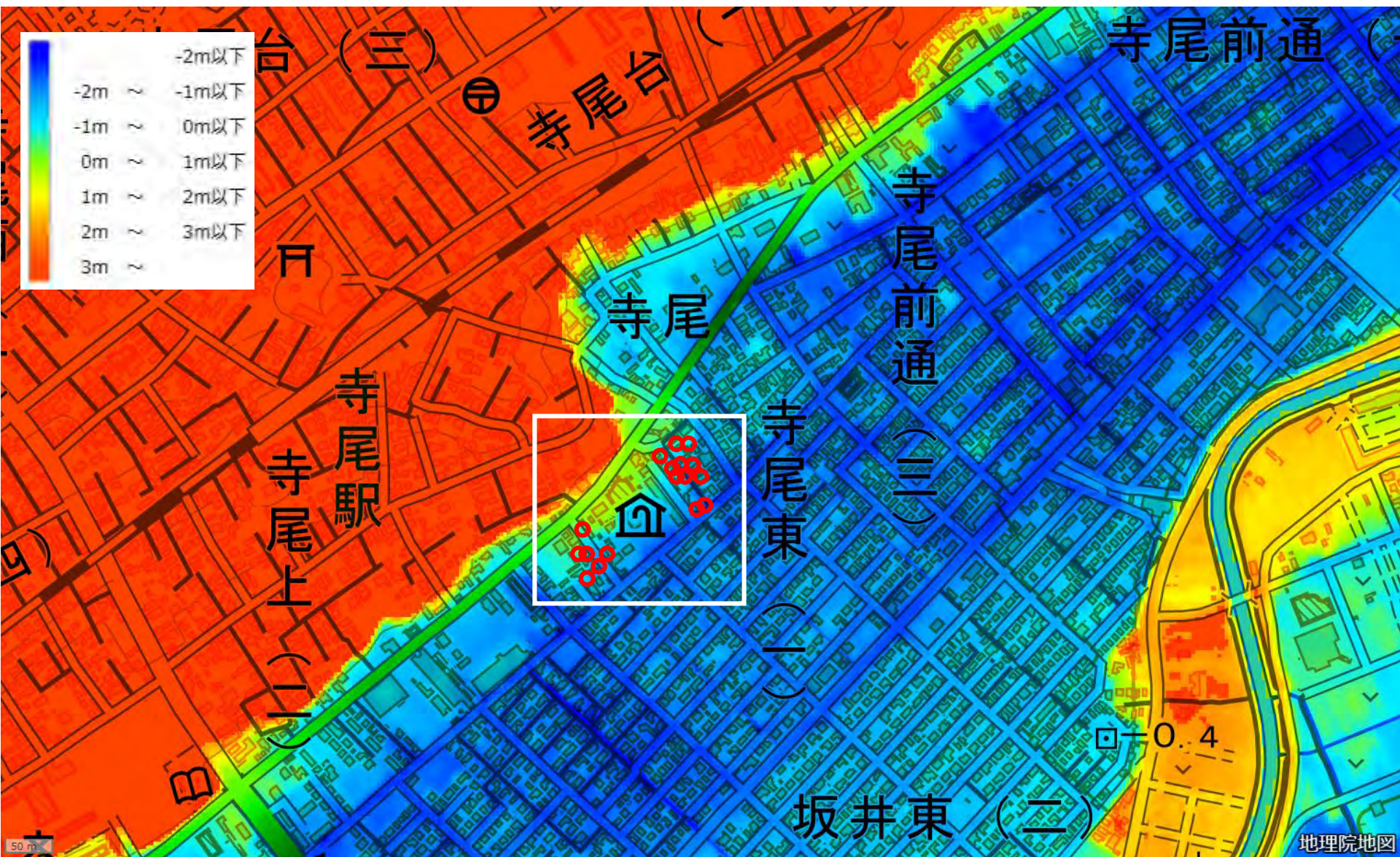
タイプ③: 低地部での液状化(寺尾東)



寺尾東の低地

タイプ③: 低地部での液状化(寺尾東)

民有地11か所 ボーリング2本 (10m×2) , SWS 計17地点



被災タイプごとの液状化の様相

タイプ① 砂丘斜面末端部(寺尾本村)

- 斜面末端部の深度1～2m部分が液状化し、宅地部の表層地盤が移動した。
- 砂丘砂起源の砂層であり、◎透水性高い、◎分布の連続性あり

タイプ② 信濃川旧流路(善久, ときめき)

- 深度1～3m部分が液状化した。
- 旧流路の中～下部:粗粒砂で液状化していない。上部～最上部:細粒砂*
- 河川起源の砂層であり、○透水性高い、○分布の連続性あり
- * 細粒砂は最も液状化しやすい、

タイプ③ 低地(寺尾東)

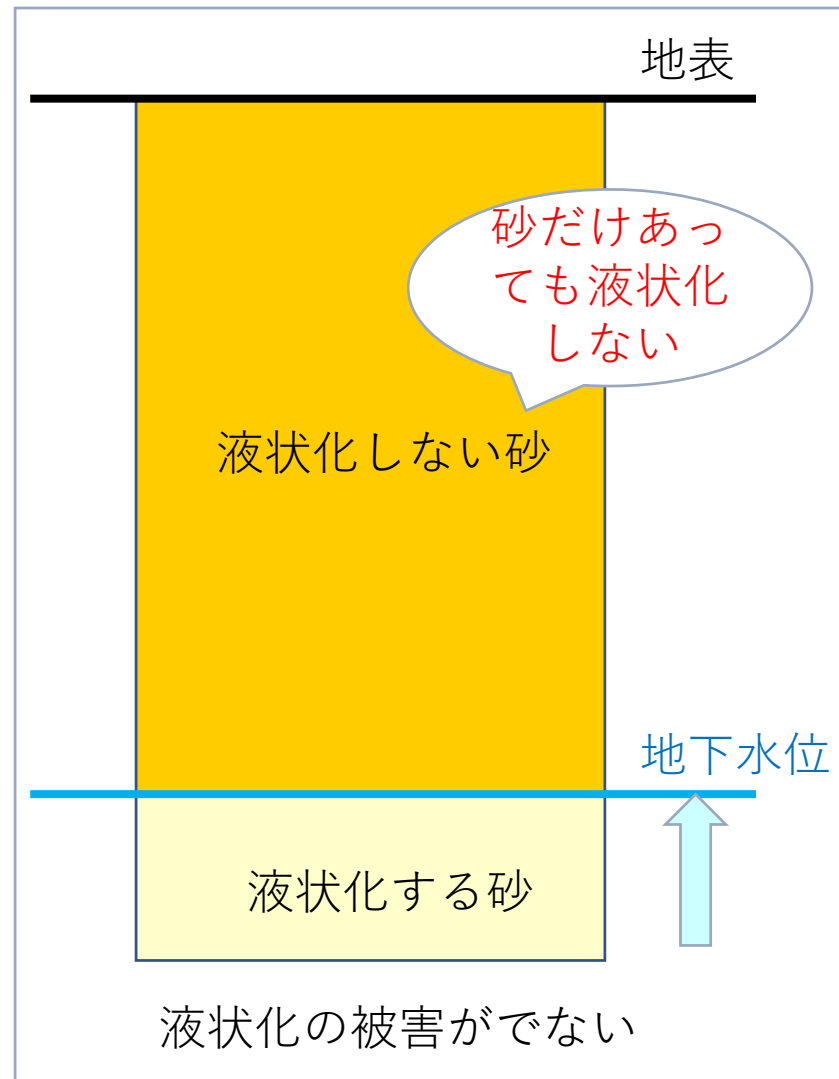
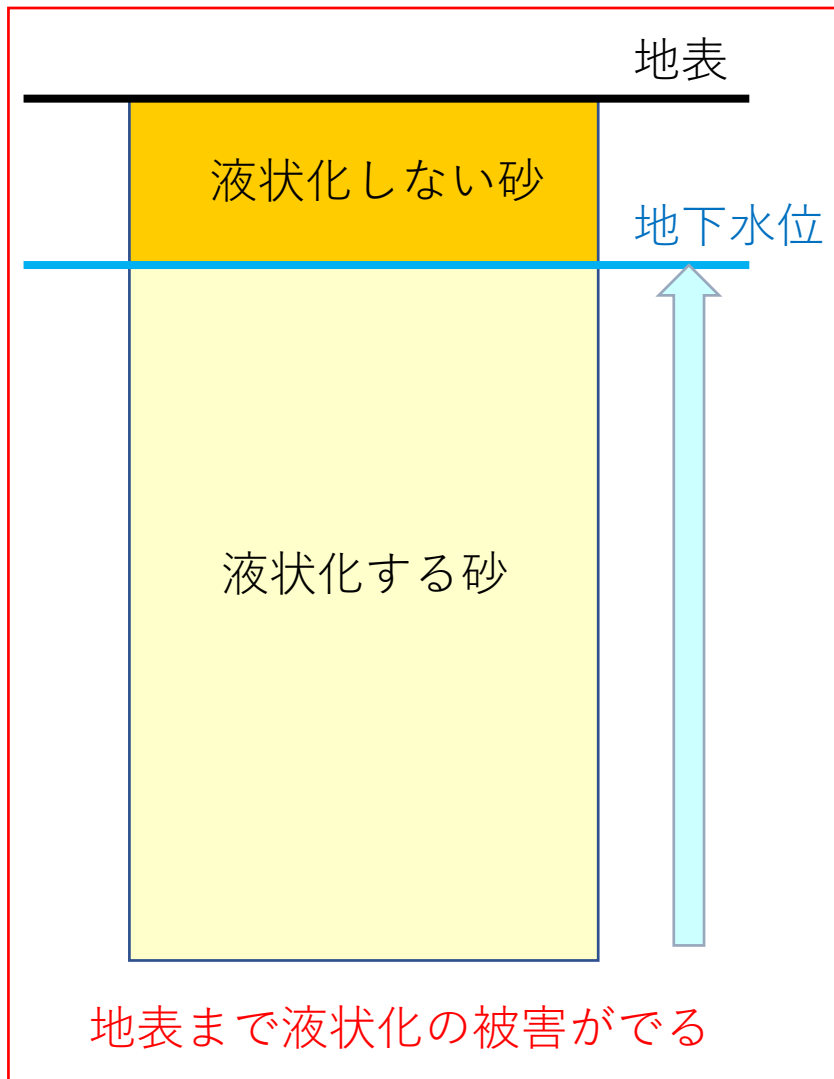
- 深度1～3m部分が液状化した。
- 砂丘起源の砂の盛土であり、◎透水性高い、○分布の連続性あり
- * 盛土層厚が比較的薄い部分では被害軽微の傾向

全体的傾向

地下水位以下の深度1～3m程度までが液状化。

砂層の透水性高い、連続性あり: 対策事業選定の重要ポイント

液状化層 VS 非液状化層

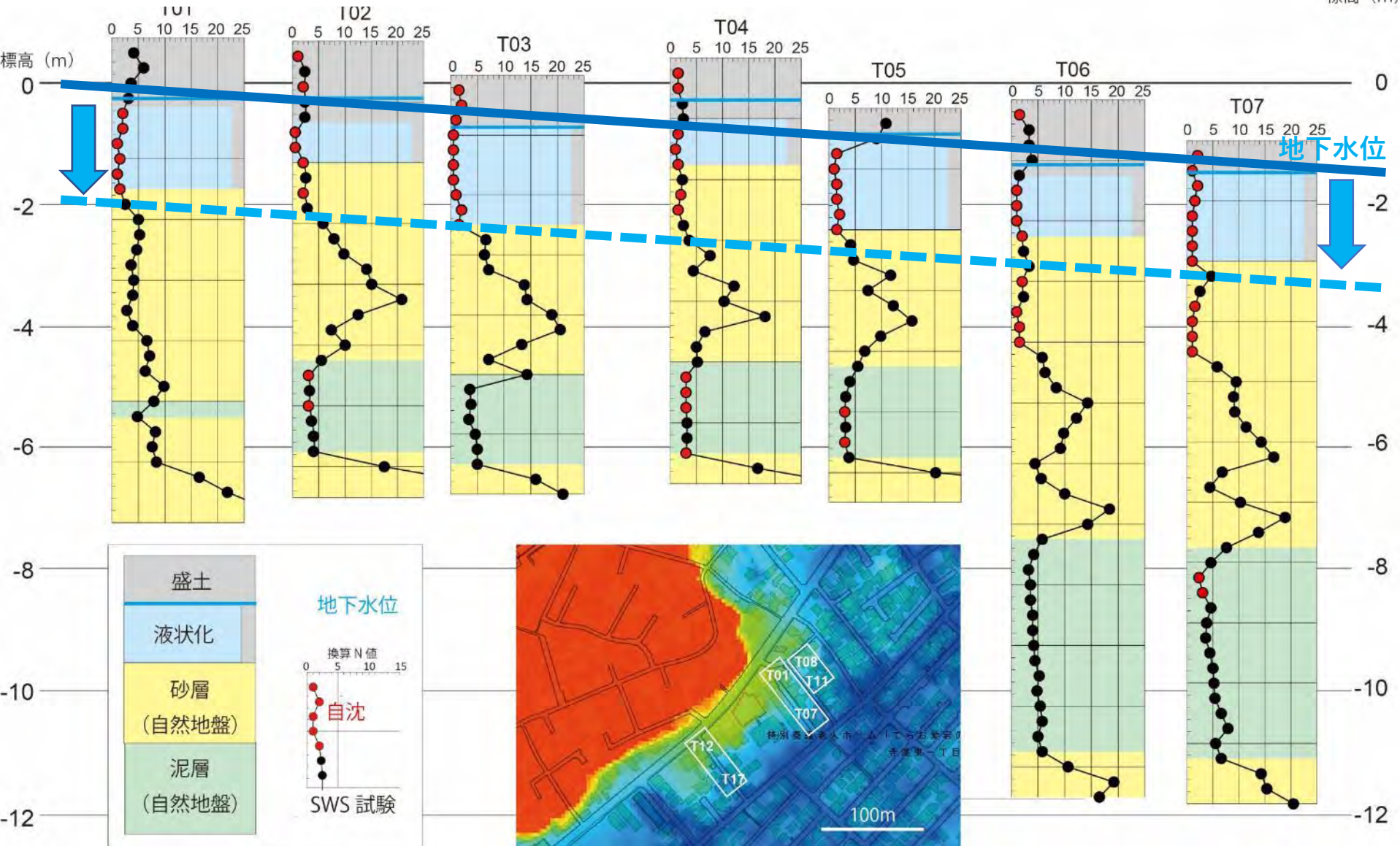


液状化被害のポイントは、**地下水位との関係**

タイプ③: 低地部での液状化(寺尾東)

今回の調査からみると **地下水位を2m下げ**る効果は大きい

標高 (m)

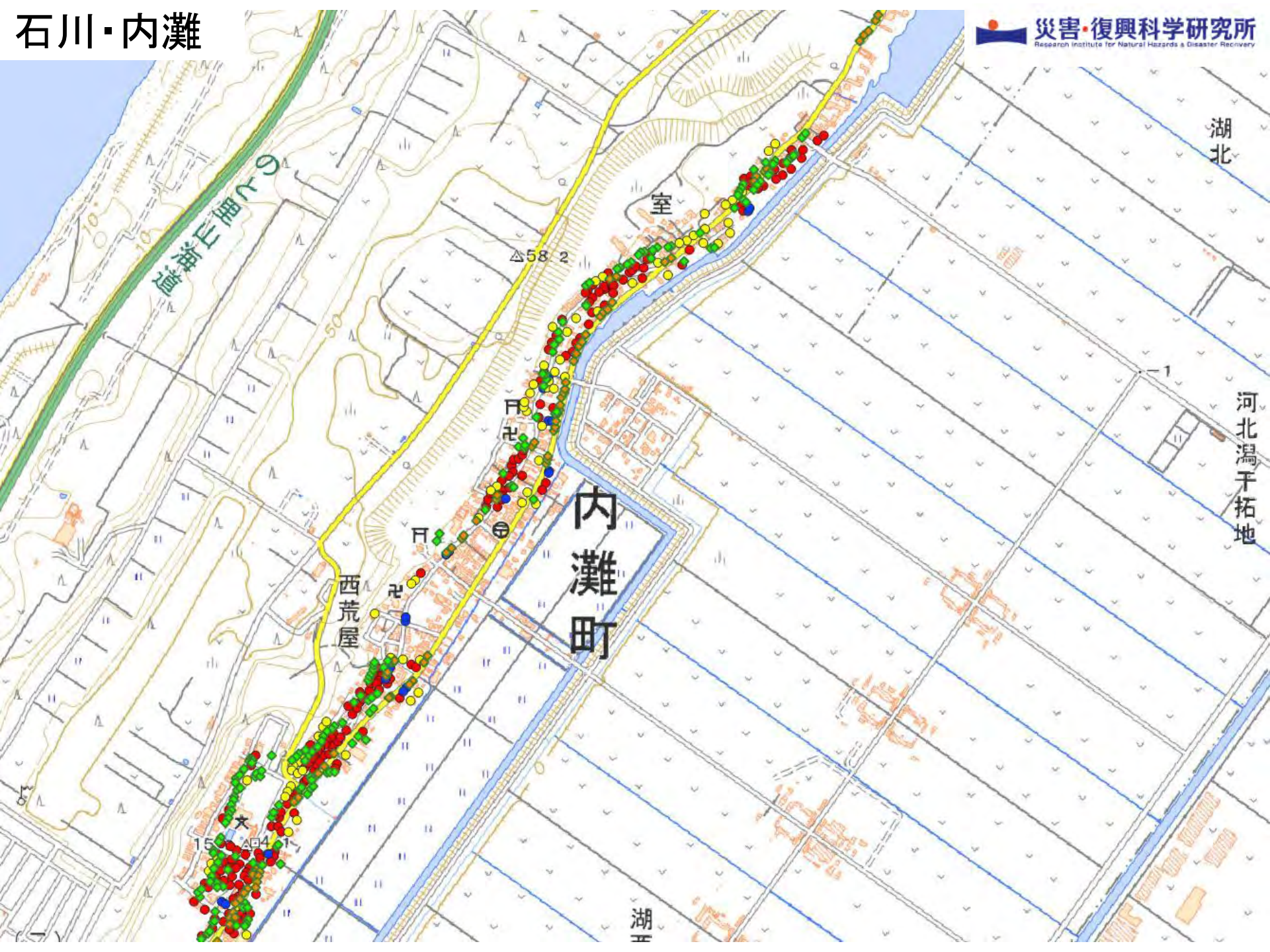


工法選定を視野にいれた広域調査の実施へ (新潟市)

同じことが

石川・内灘， 富山・氷見
富山・伏木 などで起こっている

石川・内灘

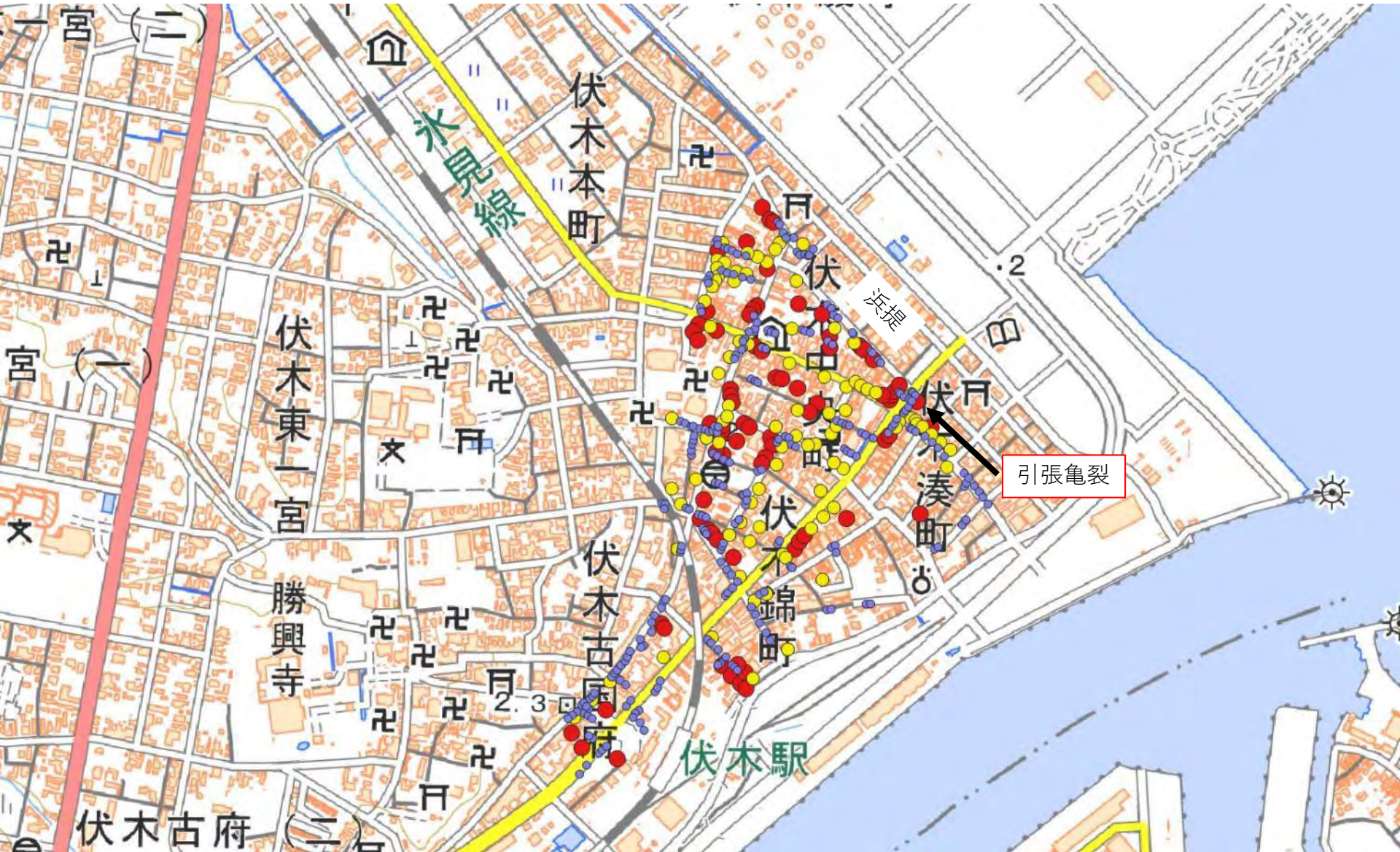




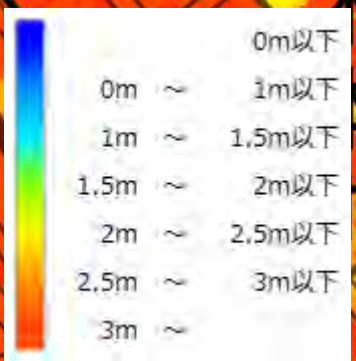
石川・内灘 寺尾タイプと同じ液状化被害



新潟と同じタイプの液状化被害



新潟と同じタイプの液状化被害



浜提の内陸斜面：引張亀裂＋側方流動

浜提

引張亀裂

低地での液状化

50 m

液状化は繰り返す地盤災害

次世代に地域をつなぐ
(液状化に) 安全な地盤の構築

この目標に向けて
学際的に踏み出す必要がある